

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN KEKUATAN TARIK PADA PENGELASAN *BRAZING* ALUMINIUM 6061 DAN BAJA DENGAN PENAMBAHAN *HALF V SHAPE GROOVE* *45°* DAN SERBUK *ZINC***



Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1  
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik

Oleh :

**INDRA NUGROHO MARDIYANTO**

**NIM : D.200.160.131**

JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

2021

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul **"ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN KEKUATAN TARIK PADA PENGELASAN *BRAZING* ALUMINIUM 6061 DAN BAJA DENGAN PENAMBAHAN *HALF V SHAPE GROOVE 45°* DAN SERBUK *ZINC*"** yang dibuat sebagai syarat memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, saya serahkan ini benar-benar hasil karya saya sendiri dan bebas dari plagiat karya orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu/dikutip dalam naskah dan disebutkan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti Tugas Akhir ini plagiat, maka saya bertanggung jawab sepenuhnya dan bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surakarta, 22 Februari 2021

Yang menyatakan



Indra Nugroho Mardiyanto

## HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas Akhir berjudul "ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN KEKUATAN TARIK PADA PENGELASAN *BRAZING* ALUMINIUM 6061 DAN BAJA DENGAN PENAMBAHAN *HALF V SHAPE GROOVE 45°* DAN SERBUK *ZINC*" telah disetujui Pembimbing Tugas Akhir untuk diusulkan sebagai Topik Tugas Akhir untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar sarjana S1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : Indra Nugroho Mardiyanto  
NIM : D 200 160 131

Disetujui pada

Hari : Rabu  
Tanggal : 17 Februari 2021

Pembimbing Tugas Akhir



Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., P.hD

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir berjudul "ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN KEKUATAN TARIK PADA PENGELASAN *BRAZING* ALUMINIUM 6061 DAN BAJA DENGAN PENAMBAHAN *HALF V SHAPE GROOVE 45°* DAN SERBUK *ZINC*" telah dipertahankan di depan dewan penguji sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Dipersiapkan oleh

Nama : Indra Nugroho Mardiyanto

NIM : D 200 160 131

Disahkan pada

Hari : Rabu

Tanggal : 24 Februari 2021

Dewan Penguji :

1. Ketua : Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.T., Ph.D(.....)

2. Anggota 1 : Nurmuntaha Agung Nugraha, S.T., M.T.(.....)

3. Anggota 2 : Ir. Agus Hariyanto, M.T.(.....)

Mengetahui

Dekan



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

10032021

Ketua Jurusan

Teknik Mesin

Ir. Subroto, M.T.





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Jl.A.Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Telp (0271) 717417 Pos 57102

**LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR**

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Surakarta 029/II/2020 tanggal 20 Februari 2020 tentang Pembimbing Tugas Akhir, dengan ini :

Nama : Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Pangkat/Jabatan : Dosen Teknik Mesin

Sebagai Pembimbing Tugas Akhir memberikan soal tugas akhir kepada mahasiswa :

Nama : Indra Nugroho Mardiyanto

No Induk : D200160131

Jurusan/Semester : Teknik Mesin/Akhir

Judul/Topik : Analisis Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Pada Pengelasan *Brazing* Aluminium 6061 dan Baja Dengan Penambahan *Half V Shape Groove 45°* dan Serbuk *Zinc*

Rincian Soal/Tugas : Mengetahui Struktur Mikro dan Kekuatan Tarik Pada Sambungan Las *Brazing* Tipe Sambungan *Butt Joint* Setelah Dilakukan Penambahan *Half V Shape Groove* dan Serbuk *Zinc*

Demikian soal tugas akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Surakarta, 27 Februari 2020

Pembimbing

Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D.

Keterangan :

Dibuat Rangkap Tiga (3)

1. Untuk Kajur ( Koordinator TA )
2. Untuk Pembimbing Tugas Akhir
3. Untuk Mahasiswa

## MOTTO

“Orang – orang yang berhenti belajar akan menjadi pemilik masa lalu, orang – orang yang masih terus belajar akan menjadi pemilik masa depan.”

(Mario Teguh)

"Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh – sungguh (urusan yang lain)."

(QS.Al-Insyirah :7)

" *Believe you can, and you're halfway there.*"

(Theodore Roosevelt)

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Penulis persembahkan Tugas Akhir ini kepada :

- Allah Subhanallahu wa Ta'ala
- Kedua Orang Tua

**ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN KEKUATAN TARIK PADA  
PENGELASAN *BRAZING* ALUMINIUM 6061 DAN BAJA DENGAN  
PENAMBAHAN HALF V GROOVE 45° DAN SERBUK ZINC**

Indra Nugroho Mardiyanto, Agus Dwi Anggono

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : [indranugroho52@gmail.com](mailto:indranugroho52@gmail.com)

**ABSTRAK**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan serbuk *zinc* dalam proses pengelasan *brazing* antara aluminium – baja terhadap kekuatan mekanis dan mengetahui struktur mikro pada sambungan las. Spesimen dalam penelitian ini digunakan adalah aluminium 6061, *steel*, *filler* ER 4043, Dan serbuk *zinc*. Pada penelitian ini standar untuk pembuatan spesimen adalah ASTM E8. Pengujian struktur mikro digunakan untuk mengetahui lapisan yang terjadi pada pengelasan *brazing* beda material. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi terdapat pada *brazing* tanpa tambahan serbuk *zinc* yaitu sebesar 14,971 MPa, Sedangkan spesimen dengan serbuk *zinc* didapatkan hasil kekuatan tarik tertinggi yaitu 12,888 MPa. Pada sambungan antara aluminium dan *filler* ER 4043, *filler* menyatu dengan aluminium dikarenakan kandungan utama dari aluminium dan *filler* sama yaitu AlSi, sedangkan pada sambungan antara baja dan *filler* ER 4043 terbentuk lapisan intermetalik.

**Kata Kunci : *Brazing, Struktur Mikro, Aluminium 6061, ER 4043***



**ANALYSIS OF MICRO STRUCTURE AND PULLING STRENGTH IN  
WELDING BRAZING ALUMINUM 6061 AND STEEL WITH ADDITION  
OF HALF V GROOVE 45° AND ZINC POWDER**

Indra Nugroho Mardiyanto, Agus Dwi Anggono

*Department of Mechanical Engineering, Muhammadiyah University of  
Surakarta*

Jl. A. Yani Tromol Pos I Pabelan, Kartasura

Email : [indranugroho52@gmail.com](mailto:indranugroho52@gmail.com)

**ABSTRACT**

*The purpose of this study was to see the effect of adding zinc powder in the welding process between aluminum and steel on mechanical strength and to determine the microstructure of the weld joint. The research specimens used were aluminum 6061, steel, filler ER 4043, and zinc powder. In this study, the standard for specimen manufacture was ASTM E8. Microstructure testing is used to see the layers that occur in different brazed welding materials. The results showed that the highest tensile strength was found in strikes without additional zinc powder, namely 14,971 MPa, while specimens with zinc powder obtained the highest yield of 12,888 MPa. In the connection between the aluminum and the ER 4043 filler, the filler is joined to the aluminum because the main content of aluminum and the filler is the same, namely AlSi, while at the connection between steel and the ER 4043 filler an intermetallic layer is formed.*

**Keywords: Brazing, Microstructure, Aluminum 6061, ER 4043**

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum wa Rahmatullahi wa Barakatuh*

*Alhamdulillah rabbil'alamin*, segala puji syukur bagi Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul “**ANALISIS STRUKTUR MIKRO DAN KEKUATAN TARIK PADA PENGELASAN BRAZING ALUMINIUM 6061 DAN BAJA DENGAN PENAMBAHAN HALF V GROOVE 45° DAN SERBUK ZINC**”

Kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan, dukungan dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

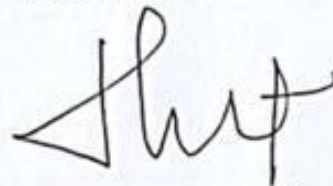
1. Allah Subhanahuwata'ala atas segala limpahan Rahmat dan Karunia-Nya
2. Bapak dan Ibu tercinta atas segala do'a dan dukungan yang telah diberikan.
3. Bapak Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta.
4. Bapak Ir. Subroto, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta sekaligus Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak Ir. Sunardi Wiyono, M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir.
6. Bapak Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan.

6. Bapak Ir. Agus Dwi Anggono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan selama masa perkuliahan.
8. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung turut membantu dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Kami menyadari bahwa tugas akhir ini mungkin masih memiliki beberapa kekurangan. Oleh karena itu kami mengharap adanya kritik dan saran demi perbaikan tugas akhir ini. Akhir kata kami berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

***Wassalamu'alaikum wa Rahmatullahi wa Barakatuh***

Surakarta, 22 Februari 2021



Indra Nugroho Mardiyanto

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR SOAL TUGAS AKHIR .....	v
MOTTO .....	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	vii
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL .....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 Landasan Teori .....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	43
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	43
3.2 Bahan Penelitian .....	44
3.3 Alat Penelitian.....	46
3.4 Sample Spesimen .....	52

3.5 Lokasi Penelitian .....	52
3.6 Prosedur Penelitian .....	53
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	57
4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia .....	57
4.2 Analisa Pengujian Tarik.....	60
4.3 Hasil Uji Foto Mikrostruktur.....	69
BAB V PENUTUP .....	72
5.1 Kesimpulan.....	72
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mikrograf SEM dari sambungan aluminium dan aluminium dengan penambahan serbuk tembaga dengan pembesaran 1000x (Yoga Saputro,2019) .....	8
Gambar 2.2. Mikrograf SEM dari sambungan stainless steel dan aluminium tanpa penambahan serbuk tembaga perbesaran 10000x (Yoga Saputro,2019) .....	9
Gambar 2.3. Mikrograf SEM dari sambungan stainless steel dan aluminium tanpa penambahan serbuk tembaga perbesaran 3000x (Yoga Saputro,2019).....	9
Gambar 2.4. Mikrograf SEM dari sambungan stainless steel dan aluminium dengan penambahan serbuk tembaga perbesaran 5000x (Yoga Saputro,2019) .....	10
Gambar 2.5. Mikrograf SEM dari sambungan stainless steel dan aluminium dengan penambahan serbuk tembaga perbesaran 5000x (Yoga Saputro,2019) .....	11
Gambar 2.6 SEM filler alusol tipe lembut (Rizha Arianto Dwi Nugroho, 2018) .....	12
Gambar 2.7 Interface dilokasi yang berbeda dengan berbagai daya laser (a,b,c) 4,5 kW, (d,e,f) 3,5 Kw, (g,h,i) 3Kw, (j,k,l) 2,5 Kw. (D. Narsimhachary dkk, 2018) .....	13
Gambar 2.8 SEM fraktur morfologi metode Brazing pada sisi stainless steel (Yang Jinlong dkk, 2014) .....	14
Gambar 2.9 SEM Aluminium 6061 dengan Mild Steel (Li Liquan, dkk 2017) .....	15
Gambar 2.10 Hasil uji mikrostruktur aluminium 6061 dengan Mild Steel (Li Liquan, dkk 2017) .....	16
Gambar 2.11 Torch Brazing (Morrissette, 2013) .....	20
Gambar 2.12 Tungku untuk mematri (Morrissette, 2013) .....	20
Gambar 2.13 Mekanisme Interdiffusion (Ashby, 2007) .....	27



Gambar 2.14 Mekanisme difusi vacancy, (Calister, 2007) .....	28
Gambar 2.15 Mekanisme Difusi interstitial (Callister, 2007) .....	28
Gambar 2.16 Mekanisme perpindahan atom ( Callister,2007).....	28
Gambar 2.17 Proses penetrasi material B pada materal A (Shackelford,1992).....	30
Gambar 2.18 Cacat retak (crack).....	30
Gambar 2.19 Cacat porosity .....	31
Gambar 2.20 Cacat inklusi (inclusion) .....	31
Gambar 2.21 Diagram kesimbangan Fe <sub>3</sub> C .....	36
Gambar 2.21 ASTM E8.....	40
Gambar 2.22 Diagram Tegangan regangan (Macianik, 2002) .....	42
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	43
Gambar 3.2 Plat Aluminium yang dipotong sesuai standart ASTM E8 dan diberi Groove 45°.....	45
Gambar 3.3 Plat Baja yang sudah dipotong sesuai standart ASTM E8 .....	45
Gambar 3.4 Filler ER 4043 .....	46
Gambar 3.5 Serbuk Zinc.....	46
Gambar 3.6 Torch Brazing (Inlastek Welding Institute Surakarta, 2020).....	47
Gambar 3.7 Tabung gas brazing (Inlastek Welding Institute Surakarta, 2020) .....	47
Gambar 3.8 Mesin pengujian tarik/geser (Sekolah Tinggi Teknologi Warga (STTW) Surakarta, 2020).....	48
Gambar 3.9 Alat pengujian foto struktur mikro (Sekolah Tinggi Teknologi Warga (STTW) Surakarta, 2020).....	49
Gambar 3.10 Penggaris dan spidol.....	49
Gambar 3.11 Gerinda .....	49
Gambar 3.12 Jangka sorong .....	50
Gambar 3.13 Tang.....	50
Gambar 3.14 Sarung tangan .....	50

Gambar 3.15 Amplas .....	51
Gambar 3.16 Potongan pipa .....	51
Gambar 3.17 Resin dan katalis .....	51
Gambar 3.18 Kain Bludru .....	52
Gambar 3.19 Autosol (metal polish).....	52
Gambar 3.20 Spesimen Uji Tarik .....	52
Gambar 4.1 Spesimen sebelum di Uji Tarik.....	60
Gambar 4.2 Spesimen setelah di Uji Tarik.....	61
Gambar 4.3 Hasil rata – rata pengujian tarik dengan tambahan zinc .....	63
Gambar 4.4 Spesimen sebelum di Uji Tarik.....	64
Gambar 4.5 Spesimen Setelah di Uji Tarik .....	64
Gambar 4.6 Hasil rata – rata pengujian tarik tanpa tambahan zinc .....	66
Gambar 4.7 Hasil rata – rata pengujian tarik .....	68
Gambar 4.8 (a) Gambar Struktur mikro sambungan Filler – Aluminium (b) Gambar struktur mikro sambungan Filler – Baja.....	69
Gambar 4.9 (a) Gambar Struktur mikro sambungan Filler – Aluminium(b) Gambar struktur mikro sambun gan Filler – Baja.....	71

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia material Aluminium 6061-Mild Steel ( Li Liqun, dkk 2017) .....	15
Tabel 2.2 Klasifikasi baja karbon [Wiryosumarto, 1996] .....	37
Tabel 4.1 Komposisi Kimia Aluminium.....	57
Tabel 4.2 Komposisi Kimia Baja .....	58
Tabel 4.3 Komposisi Filler ER 4043.....	59
Tabel 4.4 Tabel Hasil Uji Tarik.....	67

## DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

%	: Persen
°C	: Derajat Celcius
°F	: Derajat Farenhait
$\sigma$	: Tegangan (MPa)
$\varepsilon$	: Regangan (%)
$\mu\text{m}$	: Micrometer